Ionisation der Luft

des rheinisch-westfälischen Industriegebiets

und

Radioaktivität von Bodenproben des Karbons.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT FREIBURG

VON

JOHANN SCHMITT

ESSEN.

DRUCK VON HUGO DIESBACH IN WEINHEIM (BADEN)

1908.

Dekan:
Prof. Dr. Deecke.

Referent:
Prof. Dr. Himstedt.

AGAD
LUBOMAT.
RUEL.

I. Elektrizitätszerstreuung in der atmosphärischen Luft.

Den Beobachtungen im Bergwerk und den Messungen von Gesteinsaktivität werden Zusammenstellungen über Elektrizitätszerstreuung im Industriegebiet vorausgeschickt, die einen Aufschluss über den elektrischen Zustand der Luft geben sollen, deren Eigenschaften in den weiteren Untersuchungen von Einfluss auf die Ergebnisse sind.

Die Versuche wurden mit einem Elster-Geitel'schen Zerstreuungselektroskop angestellt. Die Kapazität betrug für den Apparat mit Strahlungsschutz und oberem Verschlussdeckel 10,8 cm.

Der erste Beobachtungsort war in Essen-Rüttenscheid. Da Vorhandensein von Rauch die Messungsergebnisse wesentlich beeinflusst, ist es von Wichtigkeit zu bemerken, dass der genannte Stadtteil sich im Süden des Industriegebietes befindet. Das nächste grössere Werk in einer Entfernung von wenigen Kilometern ist die Krupp'sche Fabrik; rauchaussendende Kamine sind in geringer und weiter Entfernung nach Westen, Norden und Osten; südlich kommen vielleicht noch die Werke des Siegerlandes in Betracht. Luft mit geringem Rauchgehalt ist nur bei Südwest- und ganz besonders bei Südostwind zu erwarten.

Wie die Messungen zeigen, ergaben sich ganz aussergewöhnlich geringe Werte für den in Prozenten der Anfangsspannung und für die Zeitdauer von 1 Minute ausgedrückten Zerstreuungskoeffizienten.

Die ersten Beobachtungen wurden vor dem Fenster eines Wohnhauses gemacht, und es lag die Vermutung nahe,

dass vielleicht, wenn auch der Apparat ziemlich frei aufgestellt war, die Nähe der Wände die Messungsergebnisse beeinflusste. Für mehrere Ablesungen wurde deshalb das Zerstreuungelektroskop in dem hinter dem Hause gelegenen Garten aufgestellt. An dieses Grundstück schliessen sich nach Westen andere Gärten und nach Osten ein grosser freier Platz und Ackerfeld an. Es ergaben sich für die Zerstreuung Werte, die von den vorher beobachteten nicht verschieden waren. Bei der Prüfung des Verlusts innerhalb des Elektroskops lieferten die Messungen, die zu verschiedenen Tageszeiten und unter den mannigfaltigsten meteorologischen Bedingungen gemacht wurden, einen Durchschnittswert von 0,6 Volt für 15 Minuten bei einer Anfangsspannung von ungefähr 200 Volt. Die Ablesung geringer Zerstreuungen ist schwierig und wenig zuverlässig, sodass Korrektionen nicht viel zur Genauigkeit der Ergebnisse beitragen. Der erwähnte Durchschnittswert wurde daher bei allen in den Tabellen zusammengestellten Beobachtungen gleichmässig in Rechnung gebracht. Im übrigen erfordert die Feststellung der Zerstreuung, wie sie die Luft des rheinisch-westfälischen Industriegebietes bedingt, genaue Messungen, um zuverlässige Werte zu erhalten. Für symmetrische Stellung der Aluminiumblättchen des Elektroskops wurde jeweils gesorgt, und die Ablesungen wurden in kurzen Zwischenräumen wiederholt, um Beobachtungsfehler tunlichst auszuschalten.

Vom Oktober ab wurde der Apparat vor dem Fenster eines anderen Wohnhauses nach der Gartenseite frei aufgestellt; nach Osten, Nord- und Südosten befinden sich weite Waldstrecken und nur wenig Häuser; der Beobachtungsort hatte somit eine für die Untersuchungen günstige Lage und bietet im Vergleich mit anderen Teilen des Industriegebiets eine für hiesige Verhältnisse reine Luft. —

Beim Suchen nach der Gesetzmässigkeit der Elektrizitätszerstreuung hat sich im Laufe der Zeit eine dem Fortschritt der Forschung entsprechende Anschauung vom Zustand der Atmosphäre entwickelt; Ursache der Zerstreuung ist die Ionisation der Luft; in rückläufigem Sinne wirkt die Wiedervereinigung der Träger der Elektrizität verschiedenen

Vorzeichens; ein sich ausbildender Gleichgewichtszustand ist dadurch gegeben, dass die Differenz der sich neu bildenden und in der gleichen Zeit wieder ausscheidenden Ionen verschwindet. Diese beiden Faktoren, die Ionisation und die Rekombination sind in Abhängigkeit von Druck, Temperatur, Feuchtigkeits- und Staub- sowie Rauchgehalt der Luft.

Der Einfluss von Druck- und Temperaturschwankungen auf die Elektrizitätszerstreuung in Luft, die durch Rauch verunreinigt ist, lässt sich aus den in Essen gemachten Beobachtungen (Tabelle I) nicht leicht ermitteln, da er hinter den Folgen anderer Umstände zurücktritt. Verhältnismässig grosse Zahlen zeigen sich an den warmen Tagen des Juli und August und zwar im Zusammenhang mit geringen Werten des Luftdrucks.

Hinsichtlich der Feuchtigkeit ist durch die Untersuchungen von Elster und Geitel*) hinreichend dargetan, dass diese, solange sie in Gasform den Wassergehalt der Luft ausmacht, ohne Einfluss auf die Entladung eines gut isolierten Konduktors ist.

Staub- und Rauchteilchen können nach den Darlegungen von Aitken**) eine Verminderung des Ionengehalts der Luft bewirken, indem sie bei geringer Uebersättigung als Kondensationskerne der Nebelbildung dienen, während nach den Versuchen von C. T. R. Wilson***) den Gasionen dieselbe Eigenschaft bei höherem Sättigungszustand zukommt; ausserdem vermindern Nebeltropfen und Staubkerne durch Adsorption die Geschwindigkeit der Gasionen. Die gefundenen Werte der Elektrizitätszerstreuung bestätigen durch ihre geringe Grösse diese Anschauung, jedoch möge der Einfluss von Luftverunreinigungen einer genaueren Prüfung unterzogen werden.

Nach den Erörterungen von Ebert****) ladet sich ein in der freien Atmosphäre aufgestellter Leiter vermöge der Ionenadsorption von selbst negativ auf. Erweitert man diese

*) Phys. Zeitschr 2. p 560.

**) Nature p. p. 195. 384. 1880; Trans. Roy. Soc. Edin. 33. p 337. 1881.

***) Phil. Trans. 189. p 265. 1897.

****) Jahrbuch d. Rad. u. El. Bd. III. p 61. 1907.

TABELLE I.

Datum	Stunde	Anfangs-spannung in Volt	Verlust in 15'	a^-	Anfangs-spannung in Volt	Verlust in 15'	a^+	$\frac{a^-}{a^+}$	Therm.	Bar.	Wind	Wetter
1906												
25. VII.	3 p. m.	229,9	19,7	0,57	230,8	19,1	0,55	1,04	18,6	758,3	S 2	Teilw. bedeckt.
26. „	3 p.	221,9	13,5	0,41	218	13,2	0,40	1,03	22,6	754,7	E 2	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
27. „	3^{30} p.	223,2	6,6	0,20	220,6	6	0,18	1,11	18,8	750,8	E 1	Trübe, Regen.
28. „	11 a.m.	210,1	7,7	0,24	211,1	7,5	0,24	1	18	752,8	SW 2	Bedeckt, leichter Nebel.
31. „	3 p.	195	40,5	1,39	186,5	42,3	1,51	0,92	27,8	754,6	SE 1	Sonnenschein, schwül.
1. VIII.	3 p.	204,2	14,5	0,47	197,3	18,9	0,64	0,73	23,2	757,6	SW 2	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
2. „	11 a.	199,5	18,9	0,63	199,5	19,5	0,65	0,97	23	756,8	NE 1	Heiter, Sonnenschein.
3. „	3 p.	186,5	34,4	1,23	190,7	24,2	0,85	1,45	23,5	752,8	SW 3	Teilw. bedeckt.
4. „	2 p.	190,7	20,6	0,72	186,5	17,6	0,63	1,14	18,3	761,1	SW 4	Teilw. bedeckt.
5. „	11 a.	195	11,1	0,38	191,8	12,9	0,45	0,84	16	759,8	SW 4	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
6. „	10^{30} a.	195	17,8	0,61	195	18,9	0,65	0,94	16	759	W 1	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
7. „	8 a.	193,9	6,8	0,23	195	6,3	0,21	1,10	13	757,1	NW 1	Bedeckt.
21. X.	8^{30} a.	188,1	7,5	0,27	189,1	7,4	0,26	1,04	15	755,8	S 2	Bedeckt, Sonnenschein.
22. „	3 p.	190,7	5,2	0,18	189,7	3,6	0,13	1,38	17,8	755,9	S 2	Kumulus, Sonnenschein.
23. „	5^{30} p.	187,6	3,7	0,13	191,8	3,6	0,13	1	15	758,2	NW 1	Trübe.
24. „	5 p.	187,6	3,7	0,13	186,5	4,3	0,16	0,81	13	758	SW 1	Trübe.
24. „	6 p.	185,5	6	0,21	187,6	8,1	0,28	0,75	13	758	NE 2	Trübe.
25. „	1^{30} p.	187,6	4,8	0,17	187,6	4,8	0,17	1	11,7	759,8	N 1	Trübe, Regen.
26. „	2^{30} p.	201,8	3,9	0,13	203	4	0,13	1	7,2	759,1	E 1	Bedeckt.
27. „	1^{30} p.	192,8	4,6	0,16	191,8	4,7	0,16	1	9,6	757	SE 1	Trübe.
28. „	9 a.	193,9	4,7	0,16	189,7	4,7	0,17	0,94	7	751	S 2	Trübe, Regen.
28. „	12 m.	192,8	4,6	0,16	186,5	4,8	0,18	0,89	7,5	751,2	SE 2	Teilw. bedeckt.
28. „	4 p.	191,8	4,7	0,16	188,6	3,6	0,13	1,23	7,7	748,2	S 4	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
29. „	2^{30} p.	193,9	15,5	0,53	195	13,3	0,45	1,18	10,3	746,9	SW 5	Teilw. bedeckt. Sonnenschein.
30. „	7^{30} a.	187,6	4,8	0,17	191,8	4,7	0,16	1,06	7,3	745,8	SW 3	Teilw. bedeckt.
30. „	5 p.	192,8	5,7	0,20	195	5,8	0,20	1	11	743,2	SE 2	Teilw. bedeckt.

31. X.	8 a.	195	6,3	0,22	198,4	5	0,17	1,29	5	742,4	NE 2	Bedeckt, Nebel.
31. „	3 p.	195	4,7	0,16	195	3,7	0,13	1,23	10,6	742,1	NE 1	Heiter, Sonnenschein.
1. XI.	8^{30} a.	196,2	4,9	0,17	197,3	4,9	0,17	1	8	735,9	E 1	Bedeckt.
2. „	3 p.	199,5	7,1	0,24	197,3	4,9	0,17	1,41	8,5	736,7	S 4	Regen.
3. „	2 p.	195	6,8	0,23	193,9	3,6	0,12	1,92	11,6	743,3	SE 2	Kumulus, Sonnenschein.
4. „	12 m.	193,9	6,3	0,22	191,8	3,6	0,13	1,69	12	743	SE 2	Heiter, Sonnenschein.
5. „	2^{30} p.	197,3	10,2	0,34	188,6	10,2	0,36	0,94	11,3	746,5	S 5	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
6. „	9 a.	198,4	3,9	0,13	197,3	4,9	0,17	0,76	7,5	748,5	E 1	Trübe, Regen.
6. „	6 p.	201,8	3,9	0,13	209	3	0,10	1,30	10	744,5	E 1	Bedeckt, Regen.
7. „	8^{30} a.	198,4	2,8	0,09	198,4	2,8	0,09	1	11	743,5	SE 1	Leicht bedeckt, Sonnenschein.
7. „	7^{30} p.	204,2	6,3	0,21	201,8	3,9	0,13	1,62	11,9	741,1	N 1	Leicht bedeckt, Sonnenschein.
8. „	3 p.	204,8	7,5	0,24	197,8	6	0,21	1,14	11,9	738,1	SE 2	Regen.
9. „	3 p.	196,2	7	0,24	197,3	8,1	0,27	0,89	10,2	746,2	S 2	Trübe.
10. „	4^{30} p.	195	3,7	0,13	192,8	3,6	0,12	1,08	5	758,5	N 2	Bedeckt.
11. „	10 a.	192,8	3,6	0,12	195	3,7	0,13	0,92	1	764,8	NE 1	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
11. „	3 p.	197,3	3,9	0,13	191,8	3,6	0,13	1	6,9	765,3	SW 1	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
12. „	2 p.	197,3	4,9	0,17	199,5	3,9	0,13	1,31	5,2	764,4	SW 1	Bedeckt.
13. „	9 a.	198,4	5	0,17	193,9	4,7	0,16	1,06	6	763,9	SW 1	Nebel.
14. „	3 p.	199,5	3,9	0,13	197,3	3,9	0,13	1	8,3	763,9	E 1	Bedeckt.
15. „	2^{30} p.	195	7,9	0,27	197,3	8,1	0,27	1	6,5	755	SW 2	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
16. „	2^{30} p.	201,8	7,3	0,24	199,5	5	0,17	1,41	8,3	749,1	SW 2	Trübe, Regen.
17. „	2^{30} p.	203	10,6	0,35	199,5	8,2	0,27	1,30	10,1	741,7	SW 4	Trübe.
18. „	10 a.	196,2	4,9	0,17	195	4,7	0,16	1,06	6,6	739,5	S 3	Trübe, Regen.
18. „	2^{30} p.	195	5,8	0,20	195	5,8	0,20	1	6,5	738,7	S 3	Teilw. bedeckt, Sonnenschein.
19. „	2^{30} p.	201,8	5	0,16	197,3	4,9	0,17	0,94	6,2	735,6	S 2	Trübe.
20. „	7^{30} a.	212,1	8,6	0,26	215	6,3	0,19	1,37	4,5	739,7	SW 4	Trübe.
20. „	5 p.	219,3	8,6	0,26	217	8,2	0,25	1,04	4	752,5	SW 3	Bedeckt.
21. „	10^{30} a.	223,2	8,6	0,26	221,9	8,2	0,25	1,04	4	754,5	S 3	Bedeckt, Regen.
21. „	2^{30} p.	219,3	9,7	0,29	223,2	9,5	0,28	1,04	6,1	753,9	S 6	Bedeckt, Regen.
22. „	11 a.	207,8	4,2	0,13	209	4,2	0,13	1	11	763,5	SW 2	Trübe, leichter Nebel.
22. „	3^{30} p.	218	5,3	0,16	211,1	6,3	0,19	0,84	11,7	764,9	SW 1	Trübe, leichter Nebel.

TABELLE I. (Fortsetzung.)

Datum	Stunde	Anfangs-spannung in Volt	Verlust in 15'	a^-	Anfangs-spannung in Volt	Verlust in 15'	a^+	$\frac{a^-}{a^+}$	Therm.	Bar.	Wind	Wetter
23. XI.	2^{30} p.	211,1	5,1	0,16	213,1	3,5	0,11	1,45	14,1	769,3	SW 1	Teilw.bedeckt, Sonnenschein.
24. „	8 a	204,2	5,2	0,17	206,6	4,2	0,14	1,21	4	769,2	S 1	Teilw.bedeckt, Sonnenschein.
24. „	3^{30} p.	207,8	5,4	0,17	204,8	3,6	0,12	1,42	9	769,2	SW 1	Teilw.bedeckt, Sonnenschein.
25. „	12 m.	207,8	6,6	0,21	205,4	4,2	0,14	1,50	5,3	766,9	SW 3	Dichter Nebel.
26. „	2^{30} p.	212,1	6,1	0,19	206,6	12,1	0,39	0,49	7,5	762,9	SW 3	Regen.
27. „	8^{30} a.	205,4	11,5	0,37	207,8	12,2	0,39	0,95	8	753,4	SW 3	Regen.
27. „	2^{30} p.	209	5,4	0,17	209	5,4	0,17	1	9,9	748,7	W 3	Regen.
28. „	8 a.	197,3	4,9	0,17	198,4	3,9	0,13	1,31	7,5	757,2	SW 1	Teilw. bedeckt.
28. „	2^{30} p.	203	5,1	0,17	206,6	5,4	0,17	1	9,2	758,3	SW 2	Bedeckt.
29. „	11 a.	203	7,4	0,24	199,5	7,1	0,24	1	9,3	757,5	SW 3	Bedeckt, Regen.
30. „	2^{30} p.	211,1	9,9	0,31	210,1	10	0,32	0,97	9,1	746,9	SW 6	Regen.
1. XII.	3^{30} p.	195	4,7	0,16	197,3	8,1	0,27	0,59	4	746,9	SW 3	Trübe, Regen.
2. „	11 a.	200,6	5	0,17	203	5,1	0,17	1	2	758,5	SW 3	Bedeckt, leichter Nebel.
3. „	2^{30} p.	206,6	11	0,36	201,8	8,4	0,28	1,25	9,4	749,1	SW 4	Trübe.
5. „	9 a.	206,6	7,6	0,25	206,6	7,6	0,25	1	7	746	SW 2	Regen.
6. „	2 p.	212,1	4,9	0,15	210,1	5,3	0,17	0,88	3,4	746,3	N 1	Bedeckt, leichter Nebel.
8. „	10 a.	201,8	5	0,17	203	4	0,13	1,31	—1	757	S 3	Heiter, Sonnenschein.
9. „	12 m.	207,8	6,6	0,21	206,6	4,2	0,14	1,50	1,3	759,5	SW 5	Bedeckt, Schneedecke.
10. „	2^{30} p.	199,5	5	0,17	198,4	3,9	0,13	1,31	1,1	743,1	W 2	Bedeckt, Schneedecke.
11. „	9 a.	203	6,2	0,20	203	5,1	0,17	1,18	1,4	744,3	W 3	Bedeckt, Schneedecke.
13. „	2 p.	205,4	10,9	0,35	206,6	11	0,36	0,97	3,7	743,6	SW 5	Kumulus.
14. „	3 p.	207,8	5,4	0,17	209	5,4	0,17	1	2,7	738,1	SW 3	Trübe, Schnee.
16. „	10^{30} a.	206,6	4,2	0,14	205,4	4,2	0,14	1	—0,5	760	SW 1	Dichter Nebel, Schneedecke.
17. „	3 p.	203	5,1	0,17	209	5,4	0,17	1	0,5	765,1	SW 1	Bedeckt.
20. „	10 a.	198,4	3,9	0,13	207,8	5,4	0,17	0,76	0,3	767,8	N 1	Trübe, Schneedecke.
21. „	2^{30} p.	206,6	7,6	0,25	199,5	5	0,17	1,47	—2,3	769,4	NE 1	Teilw.bedeckt, Sonnenschein.
22. „	2^{30} p.	207,8	7,6	0,24	199,5	5	0,17	1,41	—3,8	764,5	NE 2	Bedeckt.

1907												
7. I.	9^{30} a.	201,8	3,9	0,13	203	2,9	0,10	1,3	3	764,7	NW 1	Dichter Nebel.
8. „	9 a.	201,8	3,9	0,13	199,5	3,9	0,13	1	4	764,9	NW 1	Dichter Nebel.
10. „	2^{30} p.	206,6	5,4	0,17	201,8	3,9	0,13	1,31	3,9	761	SW 2	Bedeckt, leichter Nebel.
11. „	2^{30} p.	207,8	5,4	0,17	206,6	4,2	0,14	1,21	5,4	762,8	NW 2	Trübe, leichter Nebel.
12. „	2 p.	205,4	6,4	0,21	201,8	3,9	0,13	1,62	3,2	764,7	SW 4	Trübe, leichter Nebel.
13. „	1 p.	203	5,4	0,17	199,5	3,9	0,13	1,31	6	763	NW 3	Bedeckt.
14. „	2 p.	199,5	10,3	0,34	195	5,9	0,23	1,48	5,6	764,1	SW 2	Trübe.
15. „	9 a.	203	2,9	0,10	197,3	2,8	0,09	1,11	5	764,1	SW 2	Teilw. bedeckt.
17. „	2^{30} p.	199,5	2,7	0,09	201,8	3,9	0,13	0,69	5,6	771,7	SW 1	Bedeckt, leichter Nebel.
18. „	2 p.	201,8	3,9	0,13	201,8	4,4	0,17	0,76	3,3	772	SW 1	Dichter Nebel, dunkel.
21. „	11^{30} a.	204,2	4,1	0,13	199,5	3,9	0,13	1	2	766	NW 1	Sonnenschein, geringer Nebel.
22. „	8^{30} a.	212,1	7,3	0,23	204,2	7,4	0,24	0,96	—9	767,3	E 2	Heiter, Schneedecke.
24. „	2^{30} p.	211,1	6,3	0,2	206,6	7,6	0,25	0,80	—4,8	768,1	E 1	Schneedecke, leichter Nebel.
29. „	9 a.	201,8	5	0,17	205,4	5,3	0,17	1	2,8	740,8	SW 3	Heiter.
31. „	3 p.	207,8	6,7	0,25	204,2	5,2	0,17	1,47	0,1	748,9	N 3	Bedeckt, Schneedecke.
1. II.	2^{30} p.	198,4	5	0,17	201,8	3,9	0,13	1,31	—5,3	758,8	NE 2	Sonnenschein, Schneedecke.
3. „	12 m.	196,2	4,9	0,17	197,3	6	0,20	0,85	—3	759,5	NE 1	Sonnenschein, Schneedecke.
4. „	3^{30} p.	200,6	2,7	0,09	200,6	2,7	0,09	1	—2,3	757,9	NW 1	DichterNebel, dunk., Schneed.
7. „	12^{30} p.	200,6	4,2	0,14	207,8	4,2	0,14	1	—5	753,5	SE 1	Nebel, Schneedecke.
11. „	2 p.	211,1	8,7	0,27	210,1	7,7	0,24	1,13	3,5	746,6	S 3	Bedeckt, Schneedecke.
18. „	11^{30} a.	210,1	6,5	0,21	210,1	5,3	0,17	1,29	4	754,9	SW 2	Sonnenschein, Schneedecke.
19. „	9 a.	209	6,6	0,21	203	5,1	0,17	1,29	5,5	749	SW 4	Trübe.
21. „	1^{30} p.	203	10,6	0,34	211,1	11	0,35	0,97	1,2	736,7	SW 6	Schnee und Regen.
22. „	2 p.	204,2	8,6	0,28	205,4	7,5	0,24	1,17	0,1	747	W 3	Bedeckt, Schnee.
24. „	12 m.	207,8	7,6	0,25	207,8	6,6	0,21	1,19	0	754,9	NW 3	Bedeckt, Schneedecke.
26. „	8^{30} a.	197,3	4,9	0,17	197,3	4,9	0,17	1	3	761,6	S 3	Trübe, leichter Nebel.

Hypothese auf die Wechselwirkung von Rauch und Staub einerseits und Ionen andererseits, so sollen diese Beimengungen der Luft mehr negative Ionen als positive durch Adsorption binden und infolge hiervon die Beweglichkeit der ersteren herabsetzen; daher muss die Zerstreuung der negativen Elektrizität derjenigen des entgegengesetzten Vorzeichens gegenüber grösser ausfallen; diese Erscheinung kann noch dadurch verstärkt werden, dass der Staub durch irgend welche Vorgänge entfernt wird, so dass die Luft eine Ladung freier positiver Elektrizität erhält.

Die eben gemachten Erörterungen sind das Ergebnis von der Hypothese der Ionenadsorption. Die vorliegenden Messungen bestätigen jedoch diese Anschauung nicht, sie ergaben nur, dass in rauch- und staubhaltiger Luft die Zerstreuung der Elektrizität beider Vorzeichen sehr klein ist.

In der Tabelle I sind die Werte von a^- und a^+ angegeben, welche die Zerstreuung in 1 Minute bei einer Anfangsspannung von 100 Volt bezeichnen und unter der Voraussetzung berechnet sind, dass Spannung und Zerstreuung verhältnisgleiche Grössen sind. Wenn diese Annahme auch nicht genau den Zusammenhang zwischen Spannung und Zerstreuung darstellt, so bieten die Zahlen doch den Vorteil, einen Vergleich mit anderweitig gemachten Beobachtungen zu ermöglichen.

Die Messungen ergaben in Essen für $q = \frac{a-}{a+}$ folgende Zusammenstellung:

$q > 1$ in 55 Fällen
$q = 1$ „ 27 „
$q < 1$ „ 28 „

Man stelle hiermit die Messungen zusammen, die Schenk*) in Halle im Freien in weniger durch Beimengungen verunreinigter Luft gemacht hat; es ergab sich daselbst

$q > 1$ in 54 Fällen
$q < 1$ „ 9 „

Durch Vergleich der in beiden Fabrikstädten gefundenen Zahlen ergibt sich, dass in Essen für die Fälle, in denen

*) Jahrbuch d. Rad. u. El. Bd. II, p 19. 1905.

$q < 1$ ist, eine bedeutende Zunahme festzustellen ist, zahlreich werden die Werte $q = 1$, während in gleichem Schritte die Anzahl der Ergebnisse $q > 1$ verringert wird. Diese Tatsache steht mit den Folgerungen der Adsorptionshypothese in Widerspruch und lässt nur die Erklärung zu, dass durch Rauch und Staub die Zahl der Ionen beiderlei Vorzeichens in der Atmosphäre in gleicher Weise eine Verminderung erfährt, oder dass die Träger beider Elektrizitätsarten durch Molisierung an Geschwindigkeit verlieren.

Von 110 i. d. J. 1906/7 gemachten Beobachtungen war der mittlere Verlust für negative bezw. positive Ladung des Zerstreuungskörpers 7,3 und 6,8 Volt.

Die Umrechnung der Kapazität des Apparates mittelst Division durch das Produkt des Quadrats der Lichtgeschwindigkeit und 10^{-15} ergibt 10,8 cm $= 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ Mikrofarad. Die im Mittel zerstreute Menge negativer und positiver Elektrizität war daher $8{,}8 \cdot 10^{-5}$ und $8{,}2 \cdot 10^{-5}$ Mikrocoulomb. Schenk hat für das Frühjahr 1904 in Halle die Werte $68{,}5 \cdot 10^{-5}$ und $61 \cdot 10^{-5}$ Mikrocoulomb festgestellt; die in Essen gefundenen Zahlen stehen also zu diesen ungefähr im Verhältnis 1:7,8 und 1:7,4.

Wie auch diese Zahlen zeigen, zwingt sich die Tatsache auf, dass in verunreinigter Luft nicht der Ueberschuss an positiver Elektrizität festzustellen ist, wie ihn die Adsorptionstheorie verlangt.

Um mit diesem Ergebnis ganz sicher zu sein, war es von Wichtigkeit, den bei den Untersuchungen in Essen benutzten Apparat auf seine Zuverlässigkeit zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden Zerstreuungsmessungen an einem Orte mit staubfreier Luft gemacht. Bei Gelegenheit einer Reise wurden diese Beobachtungen am Eggishorn (Wallis) im oberen Rhônetal in der Nähe des Jungfrauhotels (2000 m) durchgeführt. Der Beobachtungsort liegt am Abhang des Berges, dessen Gesteine aus Felsen und einer geringen Decke verwitterten Bodenmaterials bestehen.

Die Messungsergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt. Es ergab sich:

TABELLE II.

Datum	Stunde	Anfangs-spannung in Volt	Verlust in 15'	a^-	Anfangs-spannung in Volt	Verlust in 15'	a^+	$\frac{a^-}{a^+}$	Therm.	Bar.	Wind	Wetter
1907												
18.VIII.	2 p. m.	201,8	28,1	0,93	199,5	28,1	0,94	0,99	15,5	589	—	Sonnenschein.
18. „	6 p.	212,1	19,7	0,62	213,1	15,1	0,47	1,32	14,5	589	W 1	Sonnenschein, ger. Kumulus.
19. „	7^{30} a.m.	213,1	21,8	0,68	213,1	15,1	0,47	1,45	17	589	W 1	Sonnenschein.
19. „	6 p.	200,6	30,7	1,02	205,4	29,2	0,95	1,07	15,2	588	NW 3	Sonnenschein. ger. Kumulus.
20. „	7^{30} a.	198,4	36,6	1,12	210,1	14,5	0,46	2,43	14,5	586	–	Nebel.
20. „	11^{30} a.	212,1	9,7	0,31	214	12,8	0,40	0,78	14	586	–	Nebel.
20. „	5 p.	220,6	27,1	0,82	219,3	19,1	0,58	1,41	14	585	—	Nebel.
21. „	7^{30} a.	207,8	27,1	0,87	210,1	31,7	1,27	0,69	13	586	NE 1	Sonnenschein, Kumulus.
21. „	2 p.	206,6	41,9	1,35	209	35,2	1,11	1,22	12	586	NE 1	Sonnenschein, Kumulus.
21. „	6 p.	206,6	13,9	0,45	209	12,9	0,41	1,10	12	586	NE 1	Sonnenschein, Kumulus.
22. „	7^{30} a.	216	20,4	0,63	217	19,1	0,59	1,19	12	588		Nebel.
22. „	12 m.	209	27,3	0,87	212,1	21,8	0,69	1,28	13	588	NE 1	Sonnenschein.
23. „	3 p.	214	22,7	0,71	213,1	20,7	0,65	1,09	13	586	SW 1	Bedeckt.
23. „	6 p.	211,1	35	1,11	217	19,1	0,59	1,88	11	588	W 1	Bedeckt, ger. Nebel.
24. „	7^{30} a.	211,1	26,1	0,82	210,1	21,9	0,69	1,19	11	585	–	Dichter Nebel.
24. „	6 p.	210,1	29,5	0,93	214	24,8	0,61	1,52	12	585	W 1	Bedeckt, ger. Nebel.
25. „	7^{30} a.	211,1	28,6	0,90	212,1	25,1	0,79	1,14	13	587		Nebel.
25. „	6 p.	213,1	17,1	0,53	215	13,1	0,47	1,13	14	587	E 1	Sonnenschein.
26. „	7^{30} a.	206,6	28,9	0,93	212,1	21,6	0,68	1,37	15	588	—	Sonnenschein.
26. „	6 p.	217	24,6	0,76	215	21,6	0,67	1,13	16	588	–	Sonnenschein.

$q > 1$ in 17 Fällen
$q < 1$ in 3 Fällen.

Die Ergebnisse sind derart, wie sie von einem einwandsfreien Apparat zu erwarten waren.

Bezüglich der Erörterungen bei Gegenüberstellung der Messungen in Essen und Halle sei noch darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Beobachtungen von der Kapazität der Messinstrumente abhängen; beim Vergleich der Zahlen kommt jedoch bei beiden Elektrizitätsarten das Verhältnis der benutzten Apparate in gleicher Weise in Rechnung, so dass eine gewisse Unabhängigkeit doch erzielt wird.

Es möge nun noch der Zusammenhang von Spannung und Zerstreuungsgeschwindigkeit besprochen werden.

Die Vertreter der Adsorptionstheorie haben auf Grund der Ergebnisse von Zerstreuungsmessungen die Ansicht ausgesprochen, dass die Ionen durch Molisierung durch Rauch- und Staubteilchen an Geschwindigkeit verlieren. Aus dieser Wechselwirkung von Ionen und Staub folgt, dass mit der kleineren Geschwindigkeit der Ionen die Zahl der Zusammenstösse mit solchen entgegengesetzten Vorzeichens herabgesetzt und die Möglichkeit der Fälle der Wiedervereinigung vermindert wird. Diese Anschauung ist mit einer Bemerkung zu ergänzen, die auf Grund von Untersuchungen von Rutherford*) gemacht wurde; darnach bildet ein mit einem Staubteilchen behaftetes Ion ein grosses System, das leicht von einem Ion des entgegengesetzten Vorzeichens getroffen und neutralisiert wird, d. h. Luftverunreinigungen beschleunigen die Rekombination. Rauch und Staubteilchen spielen also eine doppelte Rolle; auf der einen Seite bewirken sie eine Verminderung und auf der anderen eine Vermehrung der Fälle der Wiedervereinigung von Ionen verschiedenen Vorzeichens. Durch Zerstreuungsbeobachtungen kann man entscheiden, dass beide Vorgänge sich nicht gegenseitig in ihrer Wirkung aufheben, dass vielmehr in verunreinigter Luft immer an Staubteilchen gebundene Ionen vorhanden sein müssen.

*) vergl. J. J. Thomson, Elektrizitätsdurchgang durch Gase. p. 20. Leipzig 1906.

Um dieser Frage näher zu treten, wenden wir uns zur Untersuchung der Vorgänge, die sich in der Nähe eines geladenen Konduktors abspielen, der in der Atmosphäre frei aufgestellt ist. Ist der Zerstreuungskörper mit Elektrizität einer Art geladen, so werden die in seiner Nähe vorhandenen Ionen des entgegengesetzten Vorzeichens durch verschiedene Kräfte beeinflusst; zunächst liefert der elektrische Zustand des Leiters den wesentlichen Beitrag hierzu; ausserdem induziert jedes Ion eine entgegengesetzte Ladung auf dem Metall des Körpers, und über die hierdurch bedingte Kraft lagert sich noch nach Ebert*) eine spezifische Kontaktwirkung zwischen Metall und Ionenladung; nach kurzer Zeit entsteht daher in der Nachbarschaft des Zerstreuungskörpers ein Konzentrationsgefälle, und nach dessen Eintritt kommt noch Diffusion als bewegende Kraft hinzu.

Rekombinationserscheinungen treten auch hier wieder auf; es ist zu beachten, dass die bewegenden Kräfte die Ionen verschiedenen Vorzeichens in entgegengesetztem Sinne antreiben, und die Zahl der Wiedervereinigungen wird daher um so bedeutender sein, je geringer die Geschwindigkeit der Gasionen ist, während für schnell bewegte Ionen auf dem Wege zum Zerstreuungskörper die Möglichkeit des Zusammenstosses mit solchen des anderen Vorzeichens vermindert wird. Bei stärkerer Aufladung des Zerstreuungskörpers wird die bewegende Kraft grösser, und im Zusammenhang mit der Herabsetzung der Wiedervereinigung muss die Zerstreuung wachsen. Leicht bewegliche Gasionen werden bei Spannungen, wie sie gewöhnlich benutzt werden, schnell aus dem Raum zwischen Strahlungsschutz und Cylinder entfernt, während die trägen, durch fremde Masse belasteten Elektrizitätsteilchen den Kräften nur schwer zu folgen vermögen. Die Folge des Vorhandenseins schwer beweglicher Ionen muss die Erscheinung sein, dass in verunreinigter Luft der Sättigungsstrom bei höherer Spannung erreicht wird, als dies in der reinen Atmosphäre der Fall ist.

Um diese Vermutung zu prüfen, wurde der Zerstreuungsapparat mehrmals zur höchstmöglichen Spannung (ca. 300 Volt) aufgeladen und mehrere Stunden sich selbst überlassen; in

*) Jahrbuch d. Rad. u. El. Bd. III p. 61. 1906.

Zeiträumen von 15 Minuten wurden Ablesungen des Spannungsverlustes gemacht. Es zeigte sich, dass in den Grenzen von 100 bis 300 Volt der Verlust mit der Spannung wächst; im allgemeinen ergab sich für eine Ladungszunahme von 30 Volt ein Zerstreuungszuwachs von 1 Volt für 15 Minuten. Es beziehen sich diese Zahlen auf Messungen an Tagen, an denen die Zerstreuung beider Elektrizitätsarten durchschnittlich 5,4 Volt lieferte.

Der hier angeführte Wert der Zerstreuungszunahme mit dem Wachsen der Spannung des Zerstreuungskörpers ist klein, wie er ja bei der geringen Grösse der Zerstreuung der Elektrizität im Industriegebiet zu erwarten war. Die gefundenen Zahlen stammen aus einer Reihe von Untersuchungen, bei denen sich immer das gleiche Ergebniss einstellte, so dass an dessen Richtigkeit nicht zu zweifeln ist.

Während also unter normalen meteorologischen Verhältnissen bei 200 Volt der Sättigungsstrom beinahe erreicht ist, scheint dies in rauchhaltiger Luft nicht der Fall zu sein. Die Grenze, bei der dieser Zustand sich einstellt, kann mit dem Zerstreuungsapparat wegen seines engen Messbereiches nicht beobachtet werden.

Die Zeiträume, innerhalb deren die angeführten Messungen gemacht wurden, sind im allgemeinen sehr gross (ca. 6 Stunden). Innerhalb dieser Zeit ändern sich die Faktoren, welche die Zerstreuung bestimmen. Dieser Wechsel ist allerdings für den Ort der hier gemachten Beobachtungen gering, wie aus der Tabelle der Zerstreuungsbeobachtungen, die für denselben Tag gemacht wurden, zu ersehen ist. Um jedoch eine gewisse Unabhängigkeit in dieser Richtung zu erzielen, wurden nacheinander mit höchstmöglicher und niedriger Spannung Ablesungen des Elektrizitätsverlustes gemacht, die das angeführte Ergebnis nur bestätigten.

Wir fassen die gewonnenen Erfahrungen dahin zusammen: In Luft, die durch Rauch verunreinigt ist, wird die Geschwindigkeit der Ionen beider Vorzeichen in ungefähr gleicher Weise verringert, und der Sättigungsstrom ist erst bei höherer Spannung zu erreichen, als dies unter normalen Verhältnissen der Fall ist.

II. Radioaktivität des Erdreichs.

Die Prüfung von Gesteinsproben auf Aktivität in dem zu diesem Zwecke von Elster und Geitel angegebenen Apparat setzt die Untersuchung des beim Versuche eingeschlossenen Luftquantums voraus. Das Verhalten abgeschlossener Luftquanten wurde von verschiedenen Forschern bereits hinreichend untersucht. Die gewonnenen Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen: Im allgemeinen findet in einem begrenzten Luftraum ein Anwachsen der Ionisation mit der Zeit statt; durch Entfernen der Luftverunreinigungen lässt sich diese Zunahme nicht beschleunigen, und die Erscheinung beruht auf dem Vorhandensein von Ionisationskernen in der Luft oder auf einer Strahlung, die von den Wänden ausgeht, und einer solchen, die vom Aussenraum stammt, und deren Träger in zweiter Reihe die Gefässwandung ist.

Beziehen sich diese Ergebnisse auf normale Luftverhältnisse, wie sie im allgemeinen das Binnenland bietet, so war es für die vorliegende Arbeit notwendig, diese Erscheinungen für die Luft nachzuprüfen, bei der die Ionen beider Vorzeichen durch Rauch in ihren Aeusserungen beeinflusst sind.

Bei den Versuchen war die Zinkschale, welche bei Messungen der Aktivität von Gesteinsproben zu deren Aufnahme bestimmt ist, jeweils unter die 6 l fassende Messingglocke gestellt, um die Ergebnisse derartiger Beobachtungen bei Beurteilung anderer Erscheinungen späterhin benutzen zu können. Die gewonnenen Zahlenwerte waren für einen positiv geladenen Zerstreuungskörper:

2,3	2,1	2,2	3,6	3,9	2,9	3,9	3,3	3	4,7
4,7	4,4	4,7	4,8	4	3,9	4,9	4,5	3	4,7

Die erste Reihe gibt den Spannungsverlust in Volt während der ersten Stunde an und die darunter stehenden Zahlen den entsprechenden Verlust nach 12 Stunden.

Für die Zerstreuung der negativen Elektrizität wurden folgende Werte gefunden:

3,6	3,1	3,5	3,1	3,9	3,9	3,9	2,4	4,2	4,2
4,6	4,8	4,3	4,3	4	3,9	3,9	3,1	4,2	4,2

Die Elektrizitätszerstreuung in der freien Atmosphäre hatte

an den Tagen, an welchen die angeführten Untersuchungen mit abgeschlossenen Luftmengen durchgeführt wurden, für die positive Elektrizität einen Spannungsabfall von 15—35 Volt für die Stunde und für diejenige des anderen Vorzeichens einen solchen von 20—40 Volt ergeben. Im Mittel folgt aus je 10 Beobachtungen für die positive und negative Elektrizität in 12 Stunden eine Zunahme des Verlustes von 3,2 auf 4,4 bezw. 3,6 auf 4,1 Volt. Das Anwachsen der Zerstreuung geschieht also bei der ersten Elektrizitätsart im Verhältnis 1 : 1,4, und bei der zuletzt genannten wurde der Zahlenwert 1 : 1,2 gefunden. Ueber 12 Stunden hinaus war eine Vergrösserung des Verlustes nicht mehr festzustellen.

Jedenfalls zeigen die Untersuchungen, dass in einer abgeschlossenen Luftmenge im Laufe der Zeit die negativen Ionen entweder an Geschwindigkeit gewinnen oder an Zahl stärker zunehmen als die Träger der positiven Elektrizität.

Bei Durchführung der oben zusammengestellten Messungen waren Vorsichtsmassregeln notwendig, um von störenden Nebenumständen unabhängig zu sein: Die Glocke mit dem Teller und der Zinkschale wurde regelmässig in einem Raume aufbewahrt, der beständig mit der freien Atmosphäre in Luftaustausch stand; kurze Zeit vor Beginn der Messungen wurden die Apparatteile gut getrocknet. War nämlich das Instrument einige Stunden oder Tage in einem geschlossenen Wohnraum untergebracht, so zeigte die Messung der Elektrizitätszerstreuung im begrenzten Raume der Messingglocke nach einigen Beobachtungen einen Verlust, der im allgemeinen in einer Stunde um 2—3 Volt grösser war, als wenn die Versuche in der angedeuteten Weise durchgeführt wurden. Auch zeigte die Luft, welche einem längere Zeit hindurch geschlossenen Zimmer entnommen wurde, eine stärkere Ionisation als solche der freien Atmosphäre. Die Wände der Wohnräume sind aus aktiven Baumaterialien hergestellt, welche die Ursache jener Erscheinung sind. Das Verhalten der Messingglocke, die im nicht gelüfteten Raum aufbewahrt war, findet seine Erklärung in dem Vorhandensein einer erregten Aktivität.

Zur Beurteilung der Ionisationsverhältnisse der Luft

in der Zeche wurden Boden- und Gesteinsproben auf Strahlungsvermögen untersucht. Bei Messung geringer Ströme, welche z. B. bei Aktivitätsprüfung von Tonschiefer zu beobachten sind, müssen Ablesungsfehler, die in entstellter Form die tatsächlichen Verhältnisse erscheinen lassen, durch mehrfache Untersuchungen tunlichst herabgedrückt werden. Um grosse Genauigkeit zu erzielen, arbeitet man am besten mit einer längeren Beobachtungszeit und rechnet den abgelesenen Verlust auf die Stunde um, damit man einen Vergleich mit bereits anderweitig gemachten Messungen hat. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass sowohl Vorprobe als auch Prüfung der aktiven Substanz in denselben Grenzen der Spannung zu machen sind. Allerdings ist der Beobachtungsdauer dadurch eine Grenze gesetzt, dass die Zerstreuung bei Prüfung abgeschlossener Luftmassen und strahlender Stoffe mit der Zeit zunimmt. Bezüglich der Behandlung des Messapparats ist an die früher angegebenen Vorsichtsmassregeln zu erinnern, die bei der Messung im begrenzten Luftraum beobachtet wurden.

Die in der Tabelle zusammengestellten Werte sind mit negativ geladenem Zerstreuungskörper gefunden. Die Untersuchung besteht zunächst in einer Vorprobe, deren Ergebnis bei der darauffolgenden Aktivitätsuntersuchung in Rechnung zu ziehen ist, und die Beurteilung der gefundenen Zahlen gründet sich auf die Voraussetzung, dass die Ionisationsverhältnisse der beim Experiment benutzten Luftmenge nicht wesentlich verschieden sind von denen, die bei der Vorprobe sich ergaben, und auf der Annahme, dass die übrigen Bedingungen des Versuchs tunlichst denen der Vorprobe entsprechen. Ueber den ersten Punkt braucht wohl nichts weiter gesagt zu werden, als dass die bei beiden Messungen zur Verwendung kommenden Luftmengen an demselben Orte und möglichst unter den gleichen meteorologischen Bedingungen der freien Atmosphäre entnommen wurden. Bezüglich des zweiten Punktes ist jedoch zu beachten, dass die Aktivitätsmessung jeweils unter etwas veränderten Umständen gemacht wurde. Es ist hier an eine von Kurz*) gemachte Beobachtung zu erinnern, nach der ein auf ein Potential von

*) Berichte der Deutsch. Phys. Ges., Heft 20/21 S. 459. 1906.

200—300 Volt geladener Leiter auf seiner Oberfläche Aktivität erregt, und dass infolge hiervon in der Umgebung des Körpers eine längere Zeit zu beobachtende stärkere Ionisation der Luft sich zeigt. Allerdings gründen sich diese Ergebnisse auf Zerstreuungsuntersuchungen, die in der freien Atmosphäre angestellt wurden, während bei den vorliegenden Messungen nur der Emanationsgehalt der begrenzten Luftmenge der Vorprobe in Betracht kommt. Immerhin ist es nicht ausgeschlossen, dass bei negativ geladenem Zerstreuungskörper die Vorprobe die nachfolgende Messung beeinträchtigt. Um hierüber Klarheit zu schaffen, wurden mit Luft Untersuchungen entsprechend dem Gang der Aktivitätsmessung von Gesteinsproben durchgeführt. Der Apparat wurde mit Luft gefüllt und bei negativ geladenem Zerstreuungszylinder der Spannungsverlust innerhalb einer Stunde abgelesen, hierauf wurde das Instrument auseinandergenommen und von neuem mit atmosphärischer Luft gefüllt. Eine zweite Beobachtung ergab in keinem Falle eine Zunahme der Zerstreuung; auch die Spannungsabnahme nach 12 Stunden entsprach vollständig dem für abgeschlossene Luftmengen oben aufgestellten Gesetze, d. h. es war keine oder nur eine sehr geringe Zunahme der Ionisation festzustellen. Messungen mit positiver Elektrizität lieferten ein ähnliches Ergebnis. Der Grund kann in der Begrenztheit des verwendeten Luftquantums liegen; oder aber es ist die Möglichkeit vorhanden, dass Rauch und Staub der Emanation gegenüber die gleiche Rolle spielen, welche sie in Wechselwirkung mit den Gasionen zeigen.

Nach diesen Vorbereitungen, die in Anbetracht der geringen Ströme, die im folgenden zu messen sind, notwendig erschienen, wenden wir uns zur Aktivitätsuntersuchung von Gesteins- und Bodenproben.

An Ackererde, Lehm und Kreidemergel wurde Stärke des Strahlungsvermögens und der Emanationsabgabe festgestellt, wie aus Tabelle III zu ersehen ist; bei genauer Berechnung der letzteren ist zu berücksichtigen, dass der Wert der Vorprobe in 12 Stunden auf das 1,2-fache anwächst. Bemerkenswert ist das Ergebnis, dass die Tonschiefer des

TABELLE III.

Gestein	Fundort	Teufe in m.	Untersuchte Menge (g)	Vorprobe	Mit Gestein		
					Nach Einbringen	Nach 12 Stund.	Nach 24 Stund.
1.) Ackererde	Zeche Bonifacius	0	250	4,8	12,6	14,7	16,1
2.) Diluvialer Lehm	Z. Bonifacius	2	250	3,6	14,4	21,3	22,2
3.) Kreidemergel	Z. Bonifacius	10	250	3,5	8,4	11,4	13,9
4.) Tonschiefer	Z. Bonifacius Flöz Riekenbank Liegendes	400	250	4	8,3	9,5	10,5
5.) Tonschiefer	Z. Bonifacius Fl. Gustav Hangendes	400	250	4	8,3	9,4	10,4
6.) Tonschiefer	Z. Hermann Fl. Maximus Hangendes	42	125	3,1	6,8	8,4	9,2
7.) Tonschiefer	Z. Hermann Fl. Geitling L.	42	125	3	5,8	7	8,3
8.) Tonschiefer	Z. Ewald Fl. C. 21 L.	700	125	3,3	7,1	7,2	8,3
9.) Tonschiefer	Z. Ewald Fl. Mathilde L.	621	125	4	6,8	8,3	9,4
10.) Tonschiefer	Z. Victoria Mathias Fl. Albert L.	742	100	4,2	7	8,3	8,9
11.) Tonschiefer	Z. Victoria Mathias Fl. Magdalena L.	742	100	4,2	7,2	8,1	8,3
12.) Tonschiefer	Z. Hagenbeck Fl. Sonnenschein L.	200	70	3,3	5,9	6,6	6,9
13.) Kluftausfüllung von Tonschiefer	Z. Hagenbeck Fl. Sonnenschein L.	200	70	4	7,1	8,1	8,1

rheinisch-westfälischen Karbons Aktivität und Emanationsentwicklung zeigen, eine Tatsache, die im Gegensatz steht zu diesbezüglichen Untersuchungen von Elster und Geitel über Tonschiefer von Klausthal. Da der Befund von den seitherigen Erfahrungen abweicht, war es von Wichtigkeit, Karbonschiefer verschiedener Fundorte auf Strahlungsvermögen zu prüfen. Wie wir später bei Erörterungen über die Wasserführung des Kohlengebirges sehen werden, ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die beobachtete Aktivität nur eine von anderen Orten zugeführte ist. Das gleiche Ergebnis an Gesteinen verschiedener Lagerstätte ist geeignet, diese Vermutung einzuschränken.

Die Schieferproben Nr. 4—12 waren durchweg sehr hart und wurden vor ihrer Untersuchung derart zerkleinert, dass feste Teilchen mit dem Gefühl nicht mehr festzustellen waren.

In Fangreinheiten ergibt sich die Aktivität des Karbonschiefers ungefähr zu 0,1.

Elster und Geitel geben verschiedene Gründe an, wegen deren es ihnen vermutlich nicht gelungen ist, die Aktivität gesunder Gesteine nachzuweisen, während sie in Verwitterungsprodukten leicht zu erkennen ist. Wir werden auf diesen Punkt bei Untersuchung von Sedimenten näher eingehen; hier sei nur angeführt, dass man bei geringer Vorprobe mit grösserer Genauigkeit arbeiten kann, zumal wenn die kleinen Werte der Voruntersuchungen in angenähert derselben Grösse immer wieder auftreten.

Die unter Nr. 13 angeführte Gesteinsprobe wurde nicht auf künstlichem Wege zerkleinert, sondern das Wasser hatte im Laufe der Zeit diese Aufgabe übernommen; das Material wurde in einer Kluft in trockenem Zustand angefahren, und ein derartiges Vorkommen ist wohl auf die lösende Wirkung des Wassers zurückzuführen. Die Zerkleinerung der Probe war weiter getrieben, als dies mit künstlichen Mitteln möglich ist; trotzdem zeigte sie Aktivität von der Grösse derjenigen des gesunden Muttergesteins. Das Ergebnis steht scheinbar mit der Ansicht in Widerspruch, die in der Verwitterung das beste Mittel der Natur zur Erschliessung aktiver Stoffe erblickt. Wollen wir dennoch diese Vermutung beibehalten,

so darf wohl der Zusatz gemacht werden, dass der Verwitterung diese Fähigkeit in bedeutendem Masse zukommt, wenn mit ihr eine chemische Veränderung verbunden ist, wie sie an der Erdoberfläche im allgemeinen zu beobachten ist.

Die Gesteine wurden z. T. sofort untersucht, nachdem sie aus der Zeche geholt waren, z. T. wurde die Prüfung auf Aktivität nach einigen Wochen oder Monaten durchgeführt; immer ergab sich ungefähr dieselbe Stärke des Strahlungsvermögens, sodass es wohl ausgeschlossen ist, dass die beobachtete Aktivität eine erregte sei, die sich am Fund- oder Aufbewahrungsort gebildet hatte. Dieselbe Tonschieferprobe lieferte mit positiv oder negativ aufgeladenem Zerstreuungskörper den gleichen Wert der Spannungsabnahme. Mit zunehmendem Gehalt an Sand zeigt der Karbonschiefer im allgemeinen eine geringere Aktivität, was zu dem Schlusse führt, dass das Ionisationsvermögen an den Ton gebunden ist. An Konglomeraten, die im rheinisch-westfälischen Karbon mitunter in bedeutender Mächtigkeit vorkommen, konnte Aktivität nicht nachgewiesen werden; auch Steinkohlen verschiedenen Alters zeigten keine Strahlung.

Nachdem Himstedt*) die Aktivität von Quellwassern nachgewiesen hatte, untersuchten verschiedene Forscher Quellgase auf Emanationsgehalt, den die Wasser auf ihrem Wege von den Gesteinen erhielten. In Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit konnte v. d. Borne**) im Saarrevier an Schlagwettern, die karbonischen Tonschiefern entsprangen, eine bedeutende Aktivität feststellen, während Grubengas beim Austritt aus dem Flöz bei seiner Untersuchung keine auffallende Ionisation zeigte. Die Emanation stammte also aus den nicht organischen Teilen des Quellweges.

In einer zusammenstellenden Arbeit über radioaktive Mineralien ordnete v. d. Borne diese in drei Gruppen:

Mineralien, die im Muttergestein geblieben sind, solche, die sich auf sekundärer Lagerstätte durch die lösende Wirkung des Wassers bildeten, und andere, welche die Form

*) Bericht der nat. Ges. z. Frbrg., 14. 1903. Ann. d. Phys. 13. 1904.
**) Jahrbuch d. Rad. u. El. II p. 77. 1905.

ihres Vorkommens dem Einflusse der atmosphärischen Luft verdanken. Von Gesteinen wurden im allgemeinen alle tonhaltigen Verwitterungsprodukte aktiv gefunden, und zwar zeigen die Derivate vulkanischer Gesteine ein stärkeres Strahlungsvermögen als diejenigen sedimentärer Herkunft. Gesunde Gesteine aus dem Erdinnern sollten inaktiv sein.

Was den letzten Punkt betrifft, so ist durch die vorliegenden Untersuchungen gezeigt, dass die Tonschiefer des rheinisch-westfälischen Karbons geringe Aktivität besitzen. Bei Erörterung der Frage, ob diese Eigenschaft des Gesteins auf ein aktives Mineral zurückzuführen ist, oder ob der Tonschiefer an sich strahlungsfähig ist, wird es von Wichtigkeit sein, die geologischen Verhältnisse des Kohlengebirges etwas zu beleuchten. Es möge in grossen Zügen die Lage der Zeche Bonifacius in Kray geschildert werden, in welcher luftelektrische Messungen gemacht wurden*); für die bei Untersuchung der Tonschiefer genannten Bergwerke treffen im allgemeinen ähnliche Umstände zu. In Betracht kommen die geologischen Aufschlüsse der Südgrenze der Essener Mulde an dem sog. Wattenscheider Sattel. Das Karbon wird an dieser Stelle diskordant überlagert von der Kreide. Die Gesteine der Kohlenformation sind meist Tonschiefer, in den oberen und unteren Schichten sind auch Sandsteine und Konglomerate anzutreffen. Zur Art der Ablagerungen ist zu bemerken, dass in den unteren Schichten Reste mariner Bewohner gefunden wurden, während die oberen nach dem Vorkommen der Tier- und Pflanzenreste als eine Süsswasserbildung zu betrachten sind. Die grünliche Färbung der Tonschiefer wird durch Gehalt an Glaukonit hervorgebracht, den das Gestein durch das Wasser aus dem darüber lagernden Essener Grünsand erhalten hat. Oft wird auch Rotfärbung angetroffen, die von Eisenverbindungen herrührt, die aus Eisenflözen des Steinkohlengebirges und des Liegenden stammen. An Mineralien, die in der Regel als Bestandteile des Karbonschiefers auftreten, sind Quarzkörner und Glimmerschüppchen zu nennen.

Was nun die Aktivität des Schiefers betrifft, so ist die

*) Die Entwicklung d. niederrh. westf. Steinkohlenbergb. Bd. I 1903.

Möglichkeit vorhanden, dass die radioaktiven Stoffe dem Gestein durch das Wasser zugeführt wurden, sodass also hier ein Absetzen der aktiven Mittel stattgefunden hätte. Allerdings steht zu einer solchen Annahme der Befund im Gegensatz, dass die Steinkohle selbst, der Sandstein und die Konglomerate keine Aktivität zeigen, während nur dem Tonschiefer diese Eigenschaft zukommt. Man kann jedoch die dargelegte Vermutung aufrecht erhalten, wenn man annimmt, dass gerade dem Ton die Fähigkeit zukommt, radioaktive Elemente niederzuschlagen und zu verdichten, eine Vorstellung, die durch anderweitige Erfahrungen gestützt wird.

Die in den Bergwerken vorkommenden Wasser sind teils Süsswasser und teils Soolen. Die ersteren durchdringen die radioaktiven Schichten des Diluviums und Alluviums sowie der Kreide, und in den Brüchen und Spalten, die das Steinkohlengebirge netzförmig durchziehen, ist Gelegenheit gegeben, die mitgeführten aktiven Stoffe abzulagern. Die Soolen kommen nach den Erfahrungen, die man auf einigen Zechen gemacht hat, aus der Dyas und dem Buntsandstein, die in den Tälern und Buchten des Steinkohlengebirges angetroffen wurden. Nach Durchteufen des Mergels brachen aus den darunter liegenden Schichten die Wasser mit grossem Druck hervor. Auch diese Wasser führen radioaktive Stoffe mit sich, die vielleicht im Ton und Deckgebirge des Karbons abgelagert werden.

Es ist wohl schwer zu entscheiden, ob die Aktivität der Tonschiefer auf solcher von Uran oder Tor beruht, da ihre Stärke sehr gering ist; jedenfalls würden sich der Prüfung des Abklingens der Emanation Schwierigkeiten in den Weg stellen, da sie nur in kleiner Menge auftritt. Man könnte vielleicht der Entscheidung der Frage, ob dem Tonschiefer eigene Aktivität zukommt, oder ob diese auf Zuführung aktiver Stoffe durch das Wasser beruht, durch Untersuchung dieses Gesteins in verschiedenen Formationen unter Erörterung der Lagerung und geologischen Verhältnisse der Fundorte näher kommen.

Es sei hier noch auf das Ergebnis hingewiesen, das die Untersuchung der beiden Tonschieferproben von Zeche

Bonifacius lieferte; die beiden Gesteinsmengen wurden verschiedenen Orten entnommen, hatten keinen Sandgehalt, und die Zerkleinerung war in beiden Fällen sehr weit getrieben. Die gleiche Aktivität ist in die Augen springend, sodass man geneigt sein möchte, die Grösse des Strahlungsvermögens als etwas charakteristisches dieser Gesteinsart zu bezeichnen. Es wäre allerdings verfrüht, auf Grund des geringen Materials weitere Schlüsse zu ziehen; aber auch der hier angedeutete Weg kann einen Beitrag zur Frage liefern, ob dem Gestein Aktivität eigen ist, oder ob das Strahlungsvermögen auf zugeführten Verbindungen der bekannten Radioelemente beruht.

Wir gehen jetzt zur Untersuchung von Sedimenten über.

Verschiedene Zechen des Ruhrreviers sind reich an Mineralniederschlägen, die sich aus dem Grubenwasser bilden; es sind dies besonders Chlornatrium, kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Baryum. Chlornatrium- und kalziumkarbonathaltige Sedimente ergaben keine Aktivität. Von schwefelsaurem Baryum wurden 4 Proben untersucht, die sich durch Struktur und Farbe von einander unterschieden.

Probe Nr. 1 bestand aus dichtem und lockerem Sediment und war z. T. von Farbe weiss, z. T. durch Eisen rotbraun gefärbt; das Gestein zeigte, wie aus Tabelle III ersichtlich ist, eine bedeutende Aktivität.

Als Elster und Geitel an Tonschiefer keine Aktivität feststellen konnten, sprachen sie unter der Annahme, dass alle Aktivität auf solche von Radium und Tor zurückzuführen sei, die Vermutung aus, dass wie schon oben erwähnt wurde, Verwitterung die aktive Substanz besser erschliesse, als es mechanische Zerkleinerung vermag.

Die Ionisation der Luft soll durch Emanation und α-strahlen bewirkt werden, während β- und γ-strahlen wegen ihrer geringen Absorbierbarkeit nicht leicht einen Einfluss zeigen; in festen oder mechanisch zerkleinerten Gesteinen sollen die ionisierenden Strahlen zurückgehalten werden. Um diese Hypothese auf ihre Berechtigung zu prüfen, wurde die Sedimentprobe Nr. 1, die sehr fein zerrieben war, einer nochmaligen Behandlung unterworfen; die Zerkleinerung wurde bedeutend weiter getrieben; unter Nr. 1a findet sich das

Ergebnis der Untersuchung: es stellte sich eine Zunahme der Aktivität und besonders eine bedeutende Emanationsabgabe ein.

Von der Gesteinsprobe, die in der Tabelle an letzter Stelle angeführt ist standen 50 g zwecks Untersuchung zur Verfügung; die Aktivität wurde aus dem Versuchsergebnisse, welches diese Menge lieferte, auf 125 g umgerechnet. Die Probe wurde gewonnen, indem der Schlamm, aus dem sich die festen baryum- und eisenhaltigen Niederschläge bilden, von dem Wasser durch Filtrieren getrennt wurde. Auffallend ist bei dieser Untersuchung die grosse Aktivität und Emanationsabgabe; das Ergebnis erinnert an die Ansicht, dass mechanische Zerkleinerung die Aktivität fester Gesteine nicht leicht erschliesse.

Bezüglich der Sedimente bieten die geologischen Verhältnisse, die durch den Bergbau erschlossen sind, günstige Mittel, das Entstehen dieser Mineralien zu verfolgen. Die Niederschläge bestehen, wie schon erwähnt wurde, aus Baryumsulfat mit Beimengung grösserer oder geringer Mengen von Eisenverbindungen; sie entstehen in den Wasserführungen der Zechen oft mit grosser Schnelligkeit. Schwefelsaure Wasser, die in den Süsswassern und Soolen der Bergwerke keine Seltenheit sind, kommen mit solchen, die Chlorbaryum und Baryumkarbonat gelöst enthalten, zusammen; dabei entsteht der Niederschlag des schwer löslichen Baryumsulfats.

Bei Tiefbohrungen, die in den letzten Jahren zu beiden Seiten des Rheins gemacht wurden, sind im Zechstein mächtige Kali- und Steinsalzlager angetroffen worden, in deren Gesellschaft Anhydrit und Gips vorkommt. Auch der Zechsteinkalk wird von Anhydrit überlagert, in den Gips eingesprengt ist. Die Erfahrungen, welche man auf einigen Zechen gemacht hat, stützen die Ansicht, dass die baryumhaltigen Wasser aus dem Buntsandstein und Zechstein kommen. Die Konzentrierung radioaktiver Stoffe in den Sedimenten, wird bei der grossen Aehnlichkeit, die Baryum und Radium in chemischer Hinsicht zeigen, leicht verständlich. Allerdings bleibt die Frage offen, ob die radioaktiven Stoffe schon in Gesellschaft der Baryumsalze der Dyas und Trias

TABELLE IV.

125 g Sediment	Nach Einbringen	Nach 12 Stund.	Nach 24 Stund.	Nach 48 Stund.	Aktivität: Pango = 1
Ia) Schwerspat, teils fest, teils locker, durch Eisen etwas rot gef.	36	57,3	71,2	97,7	1,24
Ib) Dasselbe nach feiner Zerkleinerung.	38	79,6	96	132	1,31
II) Schwerspat, locker, bed. Eisengehalt.	23,1	67,9	85,5	—	0,8
III) Schwerspat, fest, ger. Eisengehalt.	25,6	59,4	79	—	0,88
IV) Schlamm, bed. Eisengehalt.	96,5	157,5	180,5	231	3,33

in bedeutender Menge vorkommen, oder ob sich die Wasser erst auf ihrem Wege mit ihnen beladen.

Zwecks Feststellung der Art der Aktivität, welche die Sedimente zeigen, wurde mittelst Drahtaktivierung die Abklingungskurve bestimmt. Hierzu wurde eine grössere Probe von eisenfreiem schwefelsaurem Baryum verwendet. Es ergaben sich folgende Zahlen:

Zeit in Minuten: 0 15 – 30 – 45 – 60 – 75 – 90 – 105–120
Strahlung d. Probe: = 47,0–39,1–34,2–25,0–20,8–13,0–11,9–7,0

Für das Radium haben Herr und Frau Curie für die entsprechenden Zeiten folgende Werte festgestellt:

100–92,3– 78 –62,7–48,7–36,9–27,5–20,3–14,8

Die für gleiche Zeiten gefundenen Zahlen der Strahlungsintensität des Sediments und des Radiums stehen in einem konstanten Verhältnis (im Mittel 1 : 1,89), sodass auf das Vorhandensein von Radium in den sedimentären Ablagerungen zu schliessen ist.

III. Elektrizitätszerstreuung auf Zeche Bonifacius in Kray.

Die Messungen sollen Aufschluss über die Luft im Bergwerk hinsichtlich der Ionisationsverhältnisse geben, die nun allerdings nach Kenntnis der Aktivitätsuntersuchungen über Gesteinsproben leicht vorauszusehen sind. In Wirklichkeit wurden die Zerstreuungsbeobachtungen zuerst ausgeführt.

Im folgenden wird eine genaue Beschreibung des Versuchsortes und der Bedingungen gegeben, die vielleicht für das Ergebnis von Bedeutung sein können. Zur Beleuchtung wurden Sicherheitslampen mit Benzinfüllung verwendet; ein Einfluss der durch Verbrennung auftretenden Gasionen auf die Zerstreuungsgeschwindigkeit konnte nicht festgestellt werden. Die Spannungsabnahme für 15 Minuten wird mit V^- bezw. V^+ bezeichnet.

1.) II. Sohle, Flöz Karl . $t = 18^0$

Die Messung geschah in einem abgebauten Flöz, der vom Querschlag aus durch Diffussion nicht merklich bewettert wird. Am Boden des Versuchsorts befindet sich ein Sumpf und Kanal, in dem etwas Wasser fliesst. Die Wände, die aus Sandschiefer und Fettkohlen bestehen, sind trocken und staubfrei:

$$V^- = 11, \qquad V^+ = 10.$$

2.) III. Sohle, Flöz Herrnbank . $t = 24^0$.

Der Ort war eine tiefe und niedrige Strecke, in der ungefähr 15 m von der Wetterführung entfernt die Beobachtung gemacht wurde. Eine Bewetterung war höchstens durch Diffusion vorhanden, sie war jedoch nicht merkbar, da z. B. die Versuchsstelle eine um 6^0 höhere Temperatur als der bewetterte Anfangsteil zeigte. Um die geringe Diffussionswirkung zu kennzeichnen, muss angeführt werden, dass der die Messung unterstützende Steiger die Befürchtung aussprach, dass sich Personen an dem Orte wegen der schlechten Luft kaum einige Zeit aufhalten könnten. Die trockenen Wände werden von Sandschiefer und Fettkohlen gebildet:

$$V^- = 11{,}6, \qquad V^+ = 11.$$

3.) III. Sohle, Flöz Kolibri . $t = 19°$.

Die teils trockenen und teils feuchten Wände bestehen aus Sandstein, Sandschiefer und Fettkohlen; die Bewetterung geschieht durch Diffusion:

$$V^- = 10{,}1, \qquad V^+ = 11{,}3.$$

4.) IV. Sohle, Flöz Kreftenscher . $t = 21°$.

Die Bewetterung besorgt die Diffusion; die vorhandenen Gesteine sind Ton =, Sandschiefer und Magerkohlen:

$$V^- = 10, \qquad V^+ = 10{,}7.$$

5.) IV. Sohle, Hauptquerschlag . $t = 19°$.

Die Messung geschah am Ende des Querschlags, ungefähr 360 m in südlicher Richtung von Schacht III entfernt; dieser Ort war auf eine Länge von 56 m seit 4 Monaten nicht mehr bewettert worden. Die trockenen Wände werden von hartem Sandstein gebildet:

$$V^- = 10{,}8, \qquad V^+ = 9{,}8.$$

6.) Zwischen III. u. IV. Sohle, Flöz Zollverein II . $t = 17{,}5°$.

Für die Bewetterung ist der Versuchsort ein sogenannter toter Punkt. Tonschiefer und Gaskohlen kleiden den trockenen Ort aus, und die Luft enthält etwas Kohlenstaub:

$$V^- = 5{,}4, \qquad V^+ = 7{,}4.$$

7.) V. Sohle, Flöz Wellington . $t = 18°$.

Der abgebaute Flöz war seit 8 Tagen nicht bewettert worden, und eine Lufterneuerung durch Diffusion war kaum festzustellen. Die Luft war nicht ganz staubfrei; die vorhandenen Gesteine sind Sandschiefer und Fettkohlen:

$$V^- = 6{,}5, \qquad V^+ = 5{,}8.$$

8.) III. Sohle, Flöz Gustav . $t = 19°$.

Die Messung wurde im ausziehenden Wetterstrom gemacht. In der Nähe des Wetterschachtes konnte eine Beobachtung nicht ausgeführt werden, da die Luft derart mit Feuchtigkeit gesättigt war, dass der Apparat versagte; schon im einziehenden Wetterstrom ist im allgemeinen eine Zerstreuungsablesung unmöglich, da die Luft den Schacht bis zur Sättigung mit Wasser beladen verlässt.

Die Messung geschah in einem Abteilungsquerschlag, der Flöz Gustav durchbricht. Da sowohl im Hangenden als auch im Liegenden des Fettkohlenflözes brüchiger Tonschiefer sich befindet, war der Beobachtungsort mit Ziegelsteinen ausgemauert. Die Wände waren staubig und mussten oft zur Verhütung von Kohlenstaubexplosionen berieselt werden. Am Tage der Messung war die Strecke ausser Betrieb, weshalb Berieselung nicht stattgefunden hatte. Die Geschwindigkeit des Luftstromes ist $1\,\frac{m}{sec}$:

$$V^- = 41{,}4, \qquad V^+ = 40{,}7.$$

9.) III. Sohle, Querschlag.

Die folgenden Untersuchungen wurden auch im ausziehenden Wetterstrom durchgeführt und zwar in einem Abteilungsquerschlag; der Boden war feucht und die Wände trocken. Die Geschwindigkeit des Wetterstromes war $1\,\frac{m}{sec}$

V^-:	29	29	27	32,7	32,5	32	32,2
V^+:	27,5	23,6	23	27,5	31,4	31,2	30,4

Sämtliche hier angeführten Messungen wurden an verschiedenen Tagen gemacht; die Elektrizitätszerstreuung über Tag war immer sehr gering und ergab Spannungsverluste von 5 bis 7 Volt in 15 Minuten. Die Abnahme bei positiver oder negativer Ladung war gewöhnlich gleich oder zeigte unwesentliche Unterschiede, die gegenüber den unipolaren Erscheinungen in der Grube nicht in Betracht kommen.

Die geringen Werte bei den Messungen Nr. 6 und 7 sind durch die Anwesenheit von Kohlenstaub zu erklären. Bei den ersten 5 Messungen fällt die Aehnlichkeit der Ergebnisse auf; die Versuchsbedingungen waren hier immer derart, dass nur die nächste Umgebung von Einfluss auf die Ionisation der Luft sein konnte; die Ton- und Sandschiefer der Wände sowie das in geringer Menge zufliessende Wasser geben aktive Stoffe ab; diese Beiträge sind allerdings, wie die Ergebnisse zeigen, nicht bedeutend.

Auffallend sind die grossen Werte der Zerstreuung, die im ausziehenden Wetterstrom gefunden wurden. Die Luft, welche zur Bewetterung durch einen Ventilator, der sich im Wetterschacht befindet, durch das Bergwerk gesaugt wird,

zieht durch Schacht I ein und fällt zunächst auf die V. Sohle; von hier wird der Strom über den Hauptquerschlag teils früher und teils später über die Betriebspunkte nach der IV. Sohle und zur Bewetterung der Strecken und Arbeitsorte auf die III. Sohle geleitet. Die verbrauchte Luft zieht durch den Wetterschacht ab. Den beschriebenen Weg macht teilweise der Strom, der bei den Messungen unter Nr. 8 und 9 in Frage kommt. Grosse Tonschiefermengen und die Wasser, welche aus Spalten und Brüchen eindringen, und aktive Mineralien und Emanation mit sich führen, sind ionisierend tätig; in den Betriebspunkten wirken gewaltige Staubmengen im entgegengesetzten Sinne, sodass die Zerstreuungsmessungen eigentlich nur einen Bruchteil der Ionisationstätigkeit des Bodenmaterials anzeigen.

Die im ausziehenden Wetterstrom gemachten Beobachtungen zeigen eine Eigentümlichkeit, welche für die Adsorptionshypothese von Bedeutung ist. Die experimentellen Grundlagen dieser Theorie bilden die Versuche, welche von Zeleny*), Simpson**) und Anderen in verschiedener Abänderung durchgeführt wurden; ionisierte Luft wurde durch eine Metallröhre getrieben, wobei beobachtet wurde, dass diese oder Metallstücke, die isoliert in jener angebracht waren, sich negativ aufladen, während die Luft mit einem Ueberschuss von positiver Elektrizität die Röhre verlässt; die negative Aufladung findet dabei nur in der Nachbarschaft der Ionisationsquelle statt; in grösserer Entfernung kann unter Umständen eine positive Aufladung beobachtet werden. Die Adsorptionstheorie deutet diese Erscheinung derart, dass zuerst negative Elektrizitätsträger an die Leiter gebunden werden, während die weiterziehende Luft einen Ueberschuss von positiver Elektrizität besitzt, der allmählich immer grösser wird; die negative Aufladung der in der Umgebung befindlichen Leiter findet solange statt, bis der genannte Ueberschuss die grössere Beweglichkeit der negativen Ionen ausgleicht bezw. überwiegt; von nun an ist die positive Aufladung zu beobachten. Der Geschwindigkeit des Konvektions-

*) Phil. Mag. (5) 46, 120. 1898.

**) Phil. Mag. (6) 6, 589 1903 u. Phys. Z. 4. 480. 1903.

stromes sind natürlich bei diesen Versuchen gewisse Grenzen gesetzt, von welchen das Eintreten der angeführten Erscheinungen abhängt. Wird die Luft auf ihrem Wege innerhalb der ganzen Röhre ionisiert, so ist nur die Adsorption der negativen Ionen zu beobachten.

Die Bewetterung einer Zeche ist das Bild der Zeleny-Simpson'schen Versuche in grossem Massstab. Hier wird die Luft auf ihrem ganzen Wege ionisiert, und die Möglichkeit der Adsorption ist an den leitenden Wänden und an dem Staub der Betriebsorte gegeben. Da ausserdem der Querschnitt des Luftweges ziemlich bedeutend und die Geschwindigkeit hinreichend gross ist, sind die Bedingungen zu unipolarer Ionenadsorption vorhanden.

Die im ausziehenden Wetterstrom gemachten Beobachtungen der Elektrizitätszerstreuung bestätigen die Forderung der Adsorptionstheorie, sie ergaben immer einen Ueberschuss von positiver Elektrizität unabhängig von der Beschaffenheit der einziehenden Luft. Ganz auf Kosten der Ionenadsorption an den Wänden und dem Staub darf die unipolare Zerstreuung im Bergwerk wohl nicht gesetzt werden; nach Lenard*) bringt zerspritzendes Wasser in der umgebenden Luft eine negative elektrische Ladung hervor, während ein Zusatz von Salzen das Vorzeichen der Erscheinung umkehrt. Dieser Vorgang spielt sich in der Grube beinahe überall ab; die herabtropfenden Wasser enthalten geringere oder grössere Mengen von Salzen gelöst, welche die elektrischen Eigenschaften der Luft neben anderen Umständen mitbestimmen.

Die gemachten Untersuchungen hoffe ich in einer weiteren Arbeit zu ergänzen, um noch besonders die Abhängigkeit der unipolaren Zerstreuung von der Geschwindigkeit des Wetterstromes zu prüfen.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Bergrat Gerlach in Essen, Herrn Direktor Dick und Herrn Betriebsführer Hummelsiep in Kray meinen Dank für ihr freundliches Entgegenkommen auszusprechen.

*) Ann. d. Phys. u. Chemie (3) 46. 584. 1892.